

Aus der Universitätskinderklinik
im St. Josef Hospital Bochum
(Leitender Arzt Prof. Dr. C. Mietens)

Hypothermie bei untergewichtigen Neugeborenen -
Häufigkeit, Folgen, Verhinderungsmöglichkeiten

INAUGURAL - DISSERTATION

zur

Erlangung des Doktorgrades der Medizin

einer

Hohen Medizinischen Fakultät

der Ruhr-Universität zu Bochum

vorgelegt von

Michael Franck

aus Zweibrücken

1984

1. EINLEITUNG

1.1. HISTORISCHES

1.2. Die Kargenwirtschaft und die Kargenwirtschaft

1.2.1. Kargenwirtschaft

1.2.2. Kargenwirtschaft

1.2.3. Kargenwirtschaft

2. FRAGENSTELLUNG

3. FRAGEN UND METHODEN

3.1. Transportfragen

3.2. Mineralienwirtschaft

3.3. Erfindung und Erfindung

3.4. Staatliche Maßnahmen

4. ERGEBNISSE

4.1. Transportfragen

4.1.1. Landverkehr

4.1.2. Hypothekendarlehen

4.1.3. Hypothekendarlehen und Landverkehr

4.1.4. Hypothekendarlehen

4.1.5. Hypothekendarlehen

4.1.6. Landverkehr und Landverkehr

4.1.7. Hypothekendarlehen und Landverkehr

4.1.8. Hypothekendarlehen

4.1.9. Hypothekendarlehen und Hypothekendarlehen

4.1.10. Hypothekendarlehen und Hypothekendarlehen

Dekan: Prof. Dr. P. Scheid
Referent: Prof. Dr. M. Obladen
Koreferent: Prof. Dr. C. Mietens

Tag der mündlichen Prüfung: 12.11.1985

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. EINLEITUNG	1
1.1. Historisches	1
1.2. Der Wärmehaushalt des Neugeborenen	2
1.2.1. Wärmeproduktion	2
1.2.2. Wärmeverlust	3
1.2.3. Temperaturregulation	4
2. FRAGESTELLUNG	5
3. PATIENTEN UND METHODEN	5
3.1. Transportdienst	5
3.2. Reanimationsdienst	6
3.3. Erfaßte Kriterien	6
3.4. Statistische Methoden	7
4. ERGEBNISSE	7
4.1. Transportdienst	7
4.1.1. Letalität	7
4.1.2. Hypothermie Inzidenz	9
4.1.3. Hypothermie und Letalität	10
4.1.4. Azidose Inzidenz	11
4.1.5. Hypothermie und Azidose	11
4.1.6. Letalität und Azidose	12
4.1.7. Hypothermie und Asphyxieindex	13
4.1.8. Beatmungserfordernis	15
4.1.9. Hypothermie und Beatmungserfordernis	15
4.1.10. Hypothermie und Erstversorgung	16

4.2. Reanimationsdienst	17
4.2.1. Letalität	17
4.2.2. Hypothermie Inzidenz	17
4.2.3. Azidose Inzidenz	18
4.2.4. Hypothermie und Azidose	19
4.2.5. Hypothermie und Asphyxieindex	19
4.2.6. Beatmungserfordernis	21
4.2.7. Hypothermie und Beatmungserfordernis	21
4.3. Vergleich Transportdienst - Reanimationsdienst	22
5. DISKUSSION	
5.1. Erhöhte Hypothermie-Gefährdung untergewichtiger Neugeborener	24
5.2. Hypothermie und Transport	28
5.3. Folgen der Hypothermie	29
5.4. Die optimale Temperatur	31
5.5. Zentralisierung von Risikogeburten	33
6. ZUSAMMENFASSUNG	34
7. LITERATURVERZEICHNIS	35
8. DANKSAGUNG	42
9. LEBENS LAUF	43

1. EINLEITUNG:

1.1. Historisches

Ende des letzten Jahrhunderts war die Säuglingssterblichkeit erschreckend hoch: So verstarben im Deutschen Reich in den Jahren 1872 - 1900 durchschnittlich 20 - 25 von 100 Lebendgeborenen im Verlauf des ersten Lebensjahres (nach 49). Nur ganz geringe Lebenschancen hatten frühgeborene und untergewichtige Kinder. Daher stellte die Berliner Charite 1896 bereitwillig sechs solcher Neugeborener dem Arzt M.A.COUNEY zur Verfügung, der sie in Inkubatoren, sogenannten Couveusen, pflegen und bei der Berliner Weltausstellung vorstellen ließ. Diese "Kinderbrutanstalt" war eine große Attraktion für die Bevölkerung, zumal es gelang, alle sechs Kinder während der Ausstellung am Leben zu erhalten (44). COUNEY hatte die Inkubatoren zusammen mit seinem Lehrer, dem Pariser Arzt P.C.BUDIN entwickelt, der 1893 in der Pariser Maternité die erste Spezialabteilung für "Schwächlinge" eingereicht hatte (44). BUDIN hatte die Erfahrung gemacht, daß sich die Letalitätsrate untergewichtiger Neugeborener auf 23 % senken ließ, wenn ihre Rektaltemperatur über 32° C gehalten werden konnte, während von den Kindern mit einer Temperatur unter 32° C 98 % verstarben (8).

Bereits bei der ersten Veröffentlichung über einen Inkubator im Jahre 1857 wies DENUCE darauf hin, daß die Aufrechterhaltung der Körpertemperatur ein Hauptproblem bei der Pflege und Aufzucht untergewichtiger Neugeborener darstellt (nach 12). Schon ca. 20 Jahre früher versuchte man in den kaiserlichen Findlingshospitälern in St. Petersburg und Moskau mit Hilfe von sogenannten Wärmewannen, doppelwandigen Metallwannen, bei denen der Zwischenraum zwischen beiden Wänden mit warmem Wasser gefüllt war, Neugeborene zu erwärmen (nach 12).

Die Problematik der Hypothermie untergewichtiger Neugeborener ist also seit über einem Jahrhundert bekannt und ebenso lange wurden Möglichkeiten gesucht und weiterentwickelt, um das Auftreten einer Unterkühlung zu verhindern.

1.2. Der Wärmehaushalt des Neugeborenen

1.2.1. Wärmeproduktion

Dem menschlichen Neugeborenen stehen drei Möglichkeiten zur Erhöhung seiner Wärmeproduktion bei abnehmender Außentemperatur zur Verfügung:

a) Zitterfreie Wärmeproduktion

Sie ist beim Neugeborenen an das Vorhandensein von plurivakuolisiertem ("braunem") Fettgewebe gebunden (4). Dieses Gewebe steht ganz im Dienste der Wärmeproduktion, es wird - ähnlich dem Baufett - bei Unterernährung nicht verbraucht (22). Dagegen fand sich ein Substanzverlust im braunen Fettgewebe verstorbener Neugeborener, die bei kühleren Raumtemperaturen gepflegt worden waren (22). Die Hauptmasse des plurivakuolisierten Fettgewebes liegt beim menschlichen Neugeborenen zwischen den Scapulae, man findet es jedoch auch in den Axillen, perirenal, in Nacken und Mediastinum sowie diffus in der Muskulatur (1). Wird ein Neugeborenes einer kühlen Umgebung ausgesetzt, so kommt es zu einer Steigerung der Durchblutung und Temperatur im braunen Fettgewebe (6): Durch die Oxydation von Triglyzeriden in freie Fettsäuren und die sofortige Weiteroxydation in Glyzerol (15) entsteht Wärme, die an das strömende Blut weitergegeben wird.

Dieser exotherme Vorgang führt zu einer Erhöhung des Sauerstoff-Verbrauchs (23), das Ausmaß der zitterfreien Wärmeproduktion kann anhand der Steigerung des Sauerstoff-Verbrauchs bestimmt werden (3, 23).

Das Neugeborene kann also vermittelt chemischer Wärmebildung seine Wärmeproduktion ohne physikalische Aktivität erhöhen (3); bei Erwachsenen ist diese Form der Wärmebildung nur nach langfristiger Kälteexposition nachweisbar (20).

b) Willkürliche Muskelaktivität

Neugeborene, auch untergewichtige, werden in einer kühlen Umgebung unruhig, sie steigern ihre Muskelaktivität und erzeugen dadurch Wärme; nur durch eine Erhöhung der Umgebungstemperatur können sie wieder beruhigt werden (37).

c) Unwillkürliche Muskelaktivität

In schwächerer Form ist sie nur durch ein EMG nachweisbar, in stärkerer Intensität macht sie sich als Zittern bemerkbar (4). Im Vergleich zur zitterfreien Wärmeproduktion ist Zittern jedoch weniger ökonomisch, da durch die Oszillationen des Körpers der Wärmeverlust erhöht wird (4). Beim Neugeborenen tritt Zittern nur bei extremer Kältebelastung auf, wenn die zitterfreie Wärmeproduktion bereits bis zum Maximum ausgeschöpft ist (4, 30).

1.2.2. Wärmeverlust

Wärmeverlust kann beim Neugeborenen auf vier verschiedenen Arten stattfinden:

a) Durch Konduktion:

Sie findet dort statt, wo der Körper Kontakt zur Unterlage hat; die Höhe des Wärmeverlustes ist abhängig von der Leitfähigkeit des Materials der Unterlage. Wenn das Baby auf eine gut isolierende, warme Unterlage gelegt wird, ist der Wärmeverlust durch Konduktion praktisch zu vernachlässigen (28).

b) Durch Konvektion:

Der Körper ist eingehüllt in eine 4 - 8 mm dicke Schicht ruhender Luft; außerhalb dieser Schicht bewegt sich die Luft und entzieht dabei dem Körper Wärme. Die Höhe dieses Wärmeverlustes ist abhängig von der Differenz Körpertemperatur - Umgebungstemperatur, von der Luftgeschwindigkeit und von der Körperoberfläche (4).

c) Durch Strahlung:

Entscheidend hierfür ist die Differenz zwischen der Temperatur der Körperoberfläche und der der umgebenden Körper, z. B. der Temperatur der Inkubatorwand; diese ist abhängig von der Außentemperatur (27).

So kann infolge einer kühlen Umgebungstemperatur der Wärmeverlust des Kindes beträchtlich ansteigen, trotz gleichbleibender Temperatur im Inneren des Inkubators. Durch doppelwändige Inkubatoren kann dieses verhindert werden (27).

d) Durch Evaporation:

Diese geschieht unter thermoneutralen Bedingungen vor allem als per - spiratio insensibilis. Reife Neugeborene beginnen zu schwitzen, wenn ihre Körpertemperatur über ca. $37,2^{\circ}\text{C}$ ansteigt (26); jedoch beträgt der maximale Wärmeverlust pro Fläche nur ca. 1/10 des Erwachsenenwertes (25). Frühgeborene beginnen erst bei einer weit höheren Körpertemperatur zu schwitzen als reife Neugeborene, besonders am ersten Lebenstag (25). Bei Neugeborenen mit einem Gestationsalter unter 30 Wochen konnte - wahrscheinlich infolge einer Unreife der Schweißdrüsen (19) - auch bei hoher Körpertemperatur keinerlei Schwitzen festgestellt werden (25). Evaporativer Wärmeverlust über den Respirationstrakt ist dann von Bedeutung, wenn dem sauerstoffbedürftigen oder beatmeten Kind ein kaltes und trockenes Luft/Sauerstoff-Gemisch zugeführt wird (40).

1.2.3. Temperaturregulation

Wie BRÜCK (3) anhand der Steigerung des Sauerstoff-Verbrauchs bei sinkender Außentemperatur nachweisen konnte, ist die Wärmeproduktion Neugeborener abhängig von der Umgebungstemperatur. Man vermutet ein thermales Kontrollsystem im Hypothalamus (52), das im Rahmen eines Regelkreises das Ausmaß von Vasokonstriktion, Zittern und zitterfreier Wärmeproduktion steuert. Die wichtigste Kälteantwort des Neugeborenen, die zitterfreie Wärmeproduktion, ist katecholaminabhängig (47), sie kann durch β -Rezeptorenblockade vermindert werden (41).

Die Körpertemperatur sinkt, wenn trotz kälteinduzierter Steigerung der Wärmeproduktion deren Kapazität vom Ausmaß der Wärmeverluste übertroffen wird.

Das Ausmaß des Wärmeverlustes ist unter anderem abhängig von der Dicke des subcutanen Fettgewebes und von der peripheren Durchblutung. Diese kann bereits bei jungen, unreifen Neugeborenen unter Kältebelastung gedrosselt werden (28).

2. Fragestellung:

Die vorliegende Studie sollte klären,

- a) mit welcher Häufigkeit neonatale Hypothermie heute noch vorkommt,
- b) ob ein Zusammenhang besteht zwischen Hypothermie und neonataler Sterblichkeit bzw. Erkrankung,
- c) welchen Einfluß Erstversorgung und Transport auf die Hypothermie - Häufigkeit haben.

3. Patienten und Methoden:

3.1. Transportdienst

In die Studie aufgenommen wurden 508 Neugeborene der Jahre 1979 - 1982, die

- a) ein Geburtsgewicht unter 2500 g hatten,
- b) bei Aufnahme in der Kinderklinik nicht älter als 6 Stunden waren,
- c) vom neonatalen Transportdienst der Kinderklinik Bochum abgeholt wurden; dieser bestand aus einem Arzt und einer Schwester der Früh-Neugeborenen-Intensivstation, sowie bei problematischen Kindern dem zuständigen Oberarzt; der Transport der Neugeborenen erfolgte in einem auf 36°C beheizten Transportinkubator (Typ: Träger Intensivpflege Transport Inkubator 5300).

3.2. Reanimationsdienst

Im Jahre 1983 erfüllten 141 Kinder die in 3.1. aufgeführten Kriterien. Der 1983 eingeführte neonatale Reanimationsdienst unterscheidet sich vom vorher bestehenden Transportdienst im Wesentlichen in zwei Punkten:

- a) Die Geburtskliniken wurden aufgefordert, den Reanimationsdienst rechtzeitig vor der Geburt eines untergewichtigen bzw. möglichen Risikokindes zu informieren, so daß der Pädriater das Neugeborene bereits unmittelbar post partum versorgen kann.
- b) Da in zahlreichen Geburtskliniken keine zusätzliche Wärmequelle für den Versorgungsplatz des Neugeborenen vorhanden ist (notwendige Manipulationen also bei der in Kreißsaal bzw. Op. normalerweise herrschenden Temperatur von 20 - 25°C vorgenommen werden mußten), wird in den Entbindungsraum ein kleiner, mobiler Wärmestrahler (450 Watt) mitgeführt (Typ: Sollux 500).

3.3. Erfaßte Kriterien:

Aus den Krankenakten der Kinder wurden folgende Daten erfaßt:

- Geburtsgewicht
- Geburtsklinik
- Gestationsalter
- Apgar-Wert
- Temperatur bei Aufnahme
- Alter bei Aufnahme
- Blutgase bei Aufnahme (pCO₂, pH, BE)
- Beatmungsdauer
- Letalität

Als Hypothermie wurde eine Rektaltemperatur unter 36°C, als Azidose ein pH unter 7.25 bei Aufnahme definiert.

3.4. Statistische Methoden

Mit dem klassischen χ^2 Test wurden folgende Beziehungen überprüft:

Hypothermie und	- Letalität
	- Azidose
	- Apgar-Wert
	- Beatmungserfordernis

Veränderung von Hypothermie Inzidenz, Letalität, Beatmungserfordernis und Azidose mit Einführung des Reanimationsdienstes (Tab. 21).

Ein Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der Hypothermie und dem Ausmaß der Azidose wurde mit dem linearen Korrelationstest überprüft.

4. Ergebnisse:

4.1. Transportdienst

4.1.1. Letalität

Es verstarben 50 der 508 Kinder (9,8 %); die Letalität nahm mit fallendem Geburtsgewicht deutlich zu (Tab. 1).

Tab. 2 gibt den Todeszeitpunkt wieder; 41 Kinder (82 %) verstarben in der ersten Lebenswoche, davon 24 am ersten Lebenstag.

Geburtsgewicht (g)	Patienten	verstorben	
	n	n	%
500 - 999	38	29	76
1000 - 1499	63	11	17
1500 - 1999	123	6	5
2000 - 2499	284	4	1
Gesamt	508	50	9,8

Tab. 1: Letalität nach Gewichtsklassen

Geburtsgewicht (g)	Patienten n	T O D E S T A G			
		1.-7. Frühsterb- lichkeit	8.-28. Spätsterb- lichkeit	29.-365. Nachsterb- lichkeit	>365
500 - 999	29	25	2	1	1
1000 - 1499	11	9	2	-	-
1500 - 1999	6	6	-	-	-
2000 - 2499	4	1	1	2	-
Gesamt	50	41	5	3	1

Tab. 2: Todeszeitpunkt

4.1.2. Hypothermie-Inzidenz

Der Anteil der hypothermen Kinder betrug 33,3 %; er lag in den Gewichtsgruppen mit niedrigerem Geburtsgewicht deutlich höher als bei den schwereren Kindern (Tab. 3).

Die niedrigste Aufnahmetemperatur betrug - bei einem Kind mit 610 g Geburtsgewicht - 32,0° C.

Bei 33 Kindern (6,5 %) lag die Aufnahmetemperatur unter 35° C.

Geburtsgewicht (g)	Patienten n	Temperatur < 36° C n	%
500 - 999	38	26	68
1000 - 1499	63	27	43
1500 - 1999	123	44	36
2000 - 2499	284	72	25
Gesamt	508	169	33,3

Tab. 3: Hypothermie Inzidenz

4.1.3. Hypothermie und Letalität

Knapp zwei Drittel (62 %) der verstorbenen Kinder waren bei Aufnahme hypotherm, bei den überlebenden waren es 30,1 %. 18,3 % der hypothermen gegenüber 5,6 % der normothermen Kinder verstarben (Tab. 4).

Es bestand ein Zusammenhang zwischen Hypothermie und Letalität ($\chi^2 = 20,7$; $p < 0,01$), der sich auch bestätigt, wenn man nur die 101 Kinder mit einem Geburtsgewicht unter 1500 g betrachtet ($\chi^2 = 6,0$; $p < 0,05$).

Geburtsgewicht (g)	Verstorbene			Überlebende		
	$< 36^\circ$	$\geq 36^\circ$	n	$< 36^\circ$	$\geq 36^\circ$	n
500 - 999	22	7	29	4	5	9
1000 - 1499	5	6	11	22	30	52
1500 - 1999	3	3	6	41	76	117
2000 - 2499	1	3	4	71	209	280
Gesamt	31	19	50	138	320	458

Tab. 4: Hypothermie und Letalität

4.1.4. Azidose Inzidenz

Der Anteil der azidotischen Kinder stieg mit fallendem Geburtsgewicht; insgesamt hatte jedes vierte Kind bei Aufnahme eine Azidose (Tab. 5.).

Geburtsgewicht (g)	Patienten n	Kein pH dokumentiert n	pH < 7.25 n %	pH ≥ 7.25 n
500 - 999	38	2	22 61	14
1000 - 1499	63	1	25 40	37
1500 - 1999	123	3	31 26	89
2000 - 2499	284	23	39 15	222
Gesamt	508	29	117 24,4	362

Tab. 5: Azidose Inzidenz nach Gewichtsklassen

4.1.5. Hypothermie und Azidose

45,3 % der azidotischen gegenüber 29,6 % der nicht azidotischen Kinder waren hypotherm (Tab. 6), der niedrigste pH Wert bei Aufnahme betrug 6,85. Der Zusammenhang zwischen Hypothermie und Azidose beim Gesamtkollektiv $\chi^2 = 9,8$; $p < 0,01$) bestätigte sich allerdings nicht, wenn man nur die Kinder mit einem Geburtsgewicht unter 1500 g betrachtet ($\chi^2 = 0,07$; n.s.).

Das Ausmaß der Hypothermie korrelierte nicht mit dem Ausmaß der Azidose ($r = 0,26$). Ebenso bestand keine Korrelation zwischen dem Ausmaß der Hypothermie und dem Ausmaß des Basendefizits (BE), ($r = 0,36$).

Geburts- gewicht (g)	Patienten n	pH < 7,25		pH $\geq$ 7,25	
		T. < 36°C	T. $\geq$ 36°C	T. < 36°C	T. $\geq$ 36°C
500 - 999	36	16	6	8	6
1000 - 1499	62	10	15	16	21
1500 - 1999	120	18	13	26	63
2000 - 2499	261	9	30	57	165
Gesamt	479	53	64	107	255

Tab. 6: Hypothermie und Azidose

4.1.6. Letalität und Azidose

66 % der verstorbenen Neugeborenen hatten einen pH Wert unter 7,25; dagegen waren nur 20 % der überlebenden azidotisch (Tab. 7). Es bestand ein Zusammenhang zwischen Letalität und Azidose der Kinder, sowohl in der Gesamtgruppe ($\chi^2 = 48,6$; $p < 0,01$), als auch bei den Kindern mit einem Geburtsgewicht unter 1500 g ($\chi^2 = 6,8$; $p < 0,01$).

Geburtsgewicht (g)	verstorben		überlebend	
	pH < 7,25	pH ≥ 7,25	pH < 7,25	pH ≥ 7,25
500 - 999	18	9	4	5
1000 - 1499	6	4	19	33
1500 - 1999	5	1	26	88
2000 - 2499	2	2	37	220
Gesamt	31	16	86	346

Tab. 7: Letalität und Azidose

4.1.7. Hypothermie und Asphyxieindex

Knapp die Hälfte der Kinder war bei der Geburt asphyktisch, d. h. der 1 min. Apgar-Wert war ≤ 7 (Tab. 8).

In den Gewichtsgruppen mit dem niedrigsten Geburtsgewicht dominierten Kinder mit Asphyxie und Hypothermie, während in den Gruppen der schwereren Kinder die normothermen mit normalem Apgar-Wert überwogen (Tab. 9).

Dementsprechend bestand ein Zusammenhang zwischen Hypothermie und Geburtsasphyxie für die Gesamtgruppe ($\chi^2 = 8,5$; $p < 0,01$), der sich für die Kinder mit einem Geburtsgewicht unter 1500 g nicht nachweisen ließ ($\chi^2 = 0,01$; n. s.).

Geburts- gewicht (g)	Patienten n	Kein Apgar dokumentiert n	1 min. Apgar $\leq$ 7 n	Apgar $\leq$ 7 %	1 min. $>$ Apgar 7 n
500 - 999	38	6	29	91	3
1000 - 1499	63	-	53	84	10
1500 - 1999	123	5	49	42	69
2000 - 2499	284	10	104	38	170
Gesamt	508	21	235	48,3	252

Tab. 8: Asphyxieindex

Geburtsgewicht (g)	1 min. $\leq$ Apgar 7		1 min. $>$ Apgar 7	
	T. 36,0°C	T. 36,0°C	T. 36°C	T. 36°C
500 - 999	22	7	2	1
1000 - 1499	23	30	5	5
1500 - 1999	19	30	23	46
2000 - 2499	31	73	40	130
Gesamt	95	140	70	182

Tab. 9: Hypothermie und Asphyxieindex

4.1.8. Beatmungserfordernis

43,7 % der Kinder mußten postpartal maschinell beatmet werden, der Anteil der beatmeten Kinder stieg mit fallendem Geburtsgewicht bis 95 % (Tab. 10).

Geburtsgewicht (g)	Patienten n	Beatmet	
		n	%
500 - 999	38	36	95
1000 - 1499	63	50	79
1500 - 1999	123	55	45
2000 - 2499	284	81	29
Gesamt	508	222	43,7

Tab. 10: Beatmungserfordernis

4.1.9. Hypothermie und Beatmungserfordernis

Beatmet werden mußten 52,1 % der hypothermen und 39,5 % der normothermen Kinder (Tab. 11).

Es ergab sich ein Zusammenhang zwischen Beatmungserfordernis und Hypothermie ($\chi^2 = 7,2$; $p < 0,01$), der sich auch bestätigt, wenn man nur die 101 Kinder mit einem Geburtsgewicht unter 1500 g betrachtet ($\chi^2 = 4,7$; $p < 0,05$).

Die Dauer der Beatmung korrelierte nicht mit dem Ausmaß der Hypothermie (hypotherme Kinder mußten auch nicht häufiger kurzzeitig maschinell beatmet werden).

Geburtsgewicht (g)	Beatmet		Nicht beatmet	
	T. < 36° C	T. ≥ 36° C	T. < 36° C	T. ≥ 36° C
500 - 999	26	10	./.	2
1000 - 1499	23	27	4	9
1500 - 1999	19	36	25	43
2000 - 2499	20	61	52	151
Gesamt	88	134	81	205

Tab. 11: Hypothermie und Beatmungserfordernis

4.1.10. Hypothermie und Erstversorgung

Die 508 Kinder stammten aus 16 verschiedenen Geburtskliniken, die zwischen ca. 300 m und 15 km von der Kinderklinik entfernt liegen. Der Anteil hypothermer untergewichtiger Neugeborener variierte in den einzelnen Entbindungskliniken je nach Technik der Reanimation und der apparativen Ausstattung zwischen 15 % und 50 %.

Die Entfernung der Geburts- von der Kinderklinik und damit die Dauer des Transports hatte keinen Einfluß auf die Rektaltemperatur bei Aufnahme; die durchschnittliche Aufnahmetemperatur lag nach Transport über eine längere Strecke weder schlechter noch besser als bei den Kindern, die schnell auf die Neugeborenenstation gebracht werden konnten.

4.2. Reanimationsdienst

4.2.1. Letalität

1983 verstarben 4 (2,8 %) der 141 Kinder (Tab. 12); 2 der Verstorbenen waren hypotherm.

Geburtsgewicht (g)	Patienten n	Verstorben	
		n	%
500 - 999	8	2	25
1000 - 1499	17	2	12
1500 - 1999	37	-	-
2000 - 2499	79	-	-
Gesamt	141	4	2,8

Tab. 12: Letalität, 1983

4.2.2. Hypothermie Inzidenz

1983 waren 7,8 % der Kinder hypotherm, ihr Anteil lag in den einzelnen Gewichtsgruppen - mit Ausnahme der schwersten Gruppe - etwa gleich (Tab. 13). Eine Aufnahmetemperatur unter 35° C (34,6° C) hatte lediglich 1 Kind mit einem Geburtsgewicht von 1700 g.

Geburtsgewicht (g)	Patienten n	Temperatur $\leq 36^{\circ}\text{C}$	
		n	%
500 - 999	8	1	13
1000 - 1499	17	2	12
1500 - 1999	37	5	14
2000 - 2499	79	3	4
Gesamt	141	11	7,8

Tab. 13: Hypothermie Inzidenz, 1983

4.2.3. Azidose Inzidenz

Jedes fünfte Kind hatte bei Aufnahme eine Azidose, der Anteil der azidotischen Kinder war in den einzelnen Gewichtsgruppen etwa gleich, mit Ausnahme der Gruppe von 1500 - 1999 g (Tab. 14).

Geburtsgewicht (g)	Patienten n	Kein pH dokumentiert n	pH $< 7,25$		pH $\geq 7,25$ n
			n	%	
500 - 999	8	1	1	14	6
1000 - 1499	17	-	3	18	14
1500 - 1999	37	-	14	38	23
2000 - 2499	79	1	11	14	67
Gesamt	141	2	29	20,9	110

Tab. 14: Azidose Inzidenz, 1983

4.2.4. Hypothermie und Azidose

24,1 % der azidotischen und 3,6 % der nicht azidotischen Kinder waren hypotherm (Tab. 15). Es bestand ein Zusammenhang zwischen Hypothermie und Azidose ($\chi^2 = 13,3$; $p < 0,01$).

Geburts- gewicht (g)	Patienten n	pH < 7,25		pH $\geq$ 7,25	
		T. < 36°C	T. $\geq$ 36°C	T. < 36°C	T. $\geq$ 36°C
500 - 999	7	-	1	1	5
1000 - 1499	17	2	1	-	14
1500 - 1999	37	3	11	2	21
2000 - 2499	78	2	9	1	66
Gesamt	139	7	22	4	106

Tab. 15: Hypothermie und Azidose, 1983

4.2.5. Hypothermie und Asphyxieindex

Etwas mehr als die Hälfte der Kinder hatte einen 1 min. Apgar-Wert ≤ 7 (Tab. 16). Der Vergleich mit Tabelle 8 zeigt, daß bei Erstversorgung durch den Pädiater geringfügig schlechtere Apgar-Werte erteilt wurden. Ein Zusammenhang zwischen Hypothermie und Geburtsasphyxie ließ sich - bei ungefähr gleicher Verteilung der hypothermen Kinder auf die einzelnen Gewichtsgruppen - nicht nachweisen ($\chi^2 = 1,7$; n.s) (Tab. 17).

Geburtsgewicht (g)	Patienten n	Kein Apgar dokumentiert n	Apgar ≤ 7		Apgar > 7 n
			n	%	
500 - 999	8	-	6	75	2
1000 - 1499	17	1	12	75	4
1500 - 1999	37	-	26	70	11
2000 - 2499	79	3	30	40	46
Gesamt	141	4	74	54,0	63

Tab. 16: Asphyxieindex, 1983

Geburtsgewicht (g)	Patienten n	Apgar ≤ 7		Apgar > 7	
		T. $< 36^{\circ}\text{C}$	T. $\geq 36^{\circ}\text{C}$	T. $< 36^{\circ}\text{C}$	T. $\geq 36^{\circ}\text{C}$
500 - 999	8	1	5	-	2
1000 - 1499	16	2	10	-	4
1500 - 1999	37	3	23	2	9
2000 - 2499	76	2	28	1	45
Gesamt	137	8	66	3	60

Tab. 17: Hypothermie und Asphyxieindex, 1983

4.2.6. Beatmungserfordernis

22 % der Kinder mußten postpartal maschinell beatmet werden, der Anteil der beatmeten Patienten stieg deutlich mit fallendem Geburtsgewicht (Tab. 18).

Geburtsgewicht (g)	Patienten n	Beatmet	
		n	%
500 - 999	8	7	88
1000 - 1499	17	7	41
1500 - 1999	37	12	32
2000 - 2499	79	5	6
Gesamt	141	31	22,0

Tab. 18: Beatmungserfordernis, 1983

4.2.7. Hypothermie und Beatmungserfordernis

Es mußten 45,5 % der hypothermen und 20,0 % der normothermen Kinder beatmet werden (Tab. 19). ($\chi^2 = 3,83$; $p < 0,1$)

Geburts- gewicht (g)	Patienten n	Beatmet		Nicht beatmet	
		T. < 36 °C n	T. ≥ 36 °C n	T. < 36 °C n	T. ≥ 36 °C n
500 - 999	8	1	6	-	1
1000 - 1499	17	2	5	-	10
1500 - 1999	37	1	11	4	21
2000 - 2499	79	1	4	2	72
Gesamt	141	5	26	6	104

Tab. 19: Hypothermie und Beatmungserfordernis, 1983

4.3. Vergleich Transportdienst (1979 - 1982) - Reanimationsdienst (1983)

Die Verteilung der Kinder nach ihrem Geburtsgewicht war nahezu identisch. (Tab. 20).

Hypothermieinzidenz, Letalität und Beatmungserfordernis der untergewichtigen Neugeborenen waren 1983 signifikant besser als in den Vorjahren, während der Anteil azidotischer Kinder annähernd gleich blieb (Tab. 21).

Es ist jedoch, wie stets bei aufeinanderfolgenden Zeiträumen, möglich, daß noch andere Variablen als die Einführung des Reanimationsdienstes (z.B. Weiterentwicklung der Neugeborenen-Intensivpflege) die Verbesserung der Überlebensrate und der Beatmungserfordernis mit beeinflußt haben.

Geburtsgewicht (g)	Transportdienst		Reanimationsdienst	
	n	%	n	%
500 - 999	38	8	8	6
1000 - 1499	63	12	17	12
1500 - 1999	123	24	37	26
2000 - 2499	284	56	79	56
Gesamt	508	100	141	100

Tab. 20: Verteilung der Kinder nach Geburtsgewicht

Geburtsjahr	Patienten	T. < 36°C	Verstorben	Beatmet	pH < 7,25
	n	%	%	%	%
1979 - 82	508	33,3	9,8	43,7	24,4
1983	141	7,8	2,8	22,0	20,9
p		0,01	0,01	0,01	n.s.

Tab. 21: Vergleich Transportdienst (1979-82) - Reanimationsdienst (1983)

5. DISKUSSION

5.1. Die erhöhte Hypothermie-Gefährdung untergewichtiger Neugeborener

Während früher vermutet wurde, daß Neugeborene, insbesondere Frühgeborene in den ersten Lebenstagen, poikilotherm seien, konnte BRÜCK zeigen (3), daß auch unreife Neugeborene von den ersten Lebensstunden an qualitativ wie Erwachsene auf Veränderungen der Umgebungstemperatur reagieren. Quantitativ bestehen jedoch deutliche Unterschiede in der Temperaturregulation zwischen Erwachsenen, reifen Neugeborenen und untergewichtigen bzw. prematuren Neugeborenen:

- a) Die maximale Kälte-induzierbare Wärmeproduktion ist beim unreifen Neugeborenen besonders am ersten Lebenstag geringer als beim reifen (5).
- b) Das Verhältnis Körperoberfläche zu Körpermasse ist bei einem reifen Neugeborenen etwa 2,7 mal, bei einem 1 kg schweren Frühgeborenen etwa 4 mal so groß wie bei einem Erwachsenen (4). Entsprechend ungünstiger ist die Relation Wärmeverlust pro Einheit Körpermasse.
- c) Infolge der weit geringeren Dicke der Körperschale, besonders des subcutanen Fettgewebes, ist die Isolierung und damit die thermale Widerstandsfähigkeit beim Neugeborenen, vor allem beim untergewichtigen, deutlich geringer als beim Erwachsenen (5).
- d) Die Fähigkeit zur Verringerung der Wärmeverluste durch Vasokonstriktion ist beim Neugeborenen, besonders beim untergewichtigen, weit geringer als beim Erwachsenen (4).

Aufgrund der in c) und d) beschriebenen Gründe ist bei einem gegebenen Unterschied Körpertemperatur - Außentemperatur der Wärmeverlust pro Einheit Körperoberfläche bei einem normalgewichtigen Neugeborenen ca. 4 mal größer und bei einem untergewichtigen Neugeborenen ca. 5 mal größer als bei einem Erwachsenen (3).

- e) Verschiedene Störungen können das Ausmaß der zitterfreien Wärme-
produktion beim Neugeborenen verringern, so z. B. Azidose, arterielle
Hypoxie, Hyperkapnie, cerebrale Fehlfunktion wie Anenzephalie oder
Hirnblutung (13, 21, 29, 40). Besonders bei asphyktischen Neuge-
borenen, wozu ein großer Teil der untergewichtigen Neugeborenen
zählt, fällt die Körpertemperatur sehr schnell, auch wenn sie nur
kurzfristig einer kalten Umgebung ausgesetzt werden (14, 16).

Die Wärmeverluste und damit die thermale Anforderung an den wärme-
produzierenden Organismus sind also beim untergewichtigen Neuge-
borenen am höchsten, während seine thermoregulativen Fähigkeiten
eingeschränkt sind, besonders am ersten Lebenstag. Deshalb führt
auch kurzfristiges und geringes Absinken der Umgebungstemperatur
zu einer Erniedrigung der Körpertemperatur untergewichtiger Neuge-
borener (3, 5).

Am stärksten ist der Wärmeverlust der Neugeborenen während der
Geburt und in den ersten 30 Lebensminuten (14, 20, 36). Die Körper-
temperatur des Kindes, die vor der Geburt in der Regel um $37,5^{\circ}\text{C}$
liegt (14, 20), kann in dieser Zeit um 2°C - 4°C absinken (14, 20).

In der Studie von GUNN und OUTERBRIDGE (21) hatten 25,3 % der vom
neonatalen Transportdienst versorgten Neugeborenen aller Gewichts-
gruppen bei Übernahme im Entbindungsraum eine Temperatur unter
 $36,0^{\circ}\text{C}$.

MOTIL et al. (38) fanden bei reifen, komplikationslos geborenen Neu-
geborenen nach der Routineversorgung im Kreißsaal Aufnahmetempe-
raturen zwischen $34,5^{\circ}\text{C}$ und $36,4^{\circ}\text{C}$.

In der Untersuchung von DAHM und JAMES (14) war die Temperatur reifer Neugeborener, die nicht abgetrocknet worden waren und keine zusätzliche Wärme zur normalen Kreißsaaltemperatur erhalten hatten, nach 30 Minuten auf durchschnittlich 35,4°C abgesunken; das entspricht einem Wärmeverlust von 100,5 cal/kg/min. Gleichgewichtige Kinder, die sofort nach der Geburt abgetrocknet und unter einen Wärmestrahler gelegt worden waren, hatten nach 30 Minuten eine Durchschnittstemperatur von 36,8°C; der Wärmeverlust betrug mit 22,5 cal/kg/min nur noch ca. 1/5 des vorherigen Wertes.

Verantwortlich für die hohen Wärmeverluste unmittelbar nach der Geburt ist vor allem die im Entbindungsraum in der Regel herrschende Temperatur, die mit 20° - 25°C deutlich unterhalb des thermoneutralen Bereichs Neugeborener liegt.

Auch das Geburtstrauma kann die normale Neugeborenen-Temperaturregulation empfindlich stören (7); ebenso kann eine respiratorische Insuffizienz, die zu Hypoxie und Hyperkapnie führt, zu einer raschen Entwicklung einer Hypothermie beitragen (29).

Ungenügendes Abtrocknen und Einwickeln des Babys sowie häufiger Luftzug (infolge der Bewegung von Personen oder Öffnen und Schließen von Türen) verstärken die Wärmeverluste. Durch die Zufuhr nicht erwärmter und befeuchteter Atemgase über Tubus, Sauerstoffsonde oder Haube können die konvektiven und evaporativen Wärmeverluste untergewichtiger Neugeborener weiter gesteigert werden (40).

Hypothermie bei untergewichtigen Neugeborenen ist also meist das Ergebnis einer inadäquaten Versorgung im Entbindungsraum (DRISCOLL in 42); eine Wärmezufuhr mit dem Ziel, die Unterkühlung untergewichtiger Neugeborener zu verhindern, muß folglich bereits unmittelbar nach der Geburt einsetzen. Der fachgerechte pädiatrische Transport des Neugeborenen, der eine wesentliche Verbesserung in der Primärversorgung gefährdeter

Neugeborener darstellt, reicht allein nicht aus, um eine Unterkühlung bei zahlreichen untergewichtigen Neugeborenen zu verhindern. Die auf den ersten Blick sehr hohe Hypothermie Inzidenz in Bochum entspricht den in der Literatur angegebenen Häufigkeiten (Tab. 22).

Geburts- gewicht (g)	Ort, Untersuchungs- zeitraum	Anteil hypothermer Kinder		
		Patienten n	T. <35°C %	T. <36°C %
< 1500	Toronto, 1972 (11)	57	52,6	?
	Montreal, 1974-75 (21)	36	16,7	63,9
	Stuttgart, 1972-76 (32)	191	47,6	?
	Bochum, 1979-82	101	21,8	52,5
	Bochum, 1983	25	0,0	12,0
1500 - 2499	Toronto, 1972 (11)	26	15,4	?
	Montréal, 1974-75 (21)	82	2,4	35,4
	Bochum, 1979-82	407	2,9	28,5
	Bochum, 1983	116	0,9	6,9

Tab. 22: Vergleich der Hypothermie Inzidenz

Wie von zahlreichen Autoren nachdrücklich empfohlen wird, sollte die Primärversorgung untergewichtiger oder gestörter Neugeborener immer bei zusätzlicher Wärmezufuhr durch einen Wärmestrahler durchgeführt werden (9, 14, 16, 31, 42, 51). Durch einen Wärmestrahler können jedoch die Wärmeverluste eines nassen, nackten Neugeborenen nicht vollständig ausgeglichen werden (MENTZEL in 31), ebenso wichtig ist sofortiges Abtrocknen und Einwickeln des Kindes.

Nach den Erfahrungen von DRISCOLL (in 42) läßt sich durch frühzeitiges Abtrocknen und Einwickeln und den Gebrauch von Wärmestrahlern der Temperaturabfall Neugeborener in der Regel auf ca. 1°C begrenzen.

Leider werden diese Erfahrungen auch heute nicht überall berücksichtigt, selbst in neueren Schulungsmaterialien sind Neugeborene bei der Primärversorgung nackt und es wird keine zusätzliche Wärmequelle eingesetzt (z. B. 43).

In Bochum konnte die Hypothermieinzidenz untergewichtiger Neugeborener durch diese Maßnahmen von 33,3 % auf 7,8 % reduziert werden (Tab. 21).

5.2. Hypothermie und Transport

Ebenso wie die Studie von IRTTEL VON BRENNENDORFF et al. (32) ergab die vorliegende Arbeit keinen Hinweis auf eine Abnahme der durchschnittlichen Körpertemperatur untergewichtiger Neugeborener mit zunehmender Transportdauer.

MERSMANN (36) fand während des Transports Frühgeborener einen durchschnittlichen Temperaturverlust von lediglich 0,05°C.

GUNN und OUTERBRIDGE (21) konnten bei 163 Neugeborenen aller Gewichtsgruppen den Verlauf der Körpertemperatur von der Übernahme im Entbindungsraum bis zur Aufnahme auf der Neugeborenenstation dokumentieren:

Bei 77 % der Kinder kam es während des Transports zu einem Temperaturanstieg (zwischen $0,1^{\circ}\text{C}$ und $2,7^{\circ}\text{C}$), bei 23 % zu einem Temperaturabfall (zwischen $0,1^{\circ}\text{C}$ und $1,8^{\circ}\text{C}$).

5.3. Folgen der Hypothermie

In der Literatur werden zahlreiche Komplikationen angegeben, die durch eine neonatale Hypothermie hervorgerufen bzw. verstärkt werden können:

a.) Erhöhte Letalität:

Die erhöhte Sterblichkeit untergewichtiger Neugeborener infolge einer niedrigen Umgebungs- bzw. Körpertemperatur ist seit langem bekannt:

SILVERMAN et al. (45) fanden 1958, daß Frühgeborene, die während des ersten Lebenstages bei einer Umgebungstemperatur von $31,7^{\circ}\text{C}$ gepflegt wurden eine signifikant höhere Überlebensrate hatten als solche, deren Inkubatoren nur auf $28,9^{\circ}\text{C}$ erwärmt wurden. Ausgehend von dieser Studie fanden DAY et al. (16) sowie BUETOW und KLEIN (9), daß sich die Überlebensrate kleiner Frühgeborener weiter steigern ließ, wenn die Körpertemperatur der Kinder ständig bei 36°C gehalten wurde.

In den Untersuchungen von CHANCE et al. (11) und IRTEL VON BRENNENDORFF et al. (32) hatten Frühgeborene mit einem Gewicht unter 1500 g eine deutlich höhere Letalität, wenn ihre Aufnahmetemperatur unter $35,0^{\circ}\text{C}$ lag.

EYRING und LOEWENICH (18) fanden bei Neugeborenen aller Gewichtsgruppen eine um die Hälfte erniedrigte Letalität bei einer Aufnahmetemperatur über $35,5^{\circ}\text{C}$.

Nach den Erfahrungen von HEY (24) ist das Aufrechterhalten der Körpertemperatur über $36,0^{\circ}\text{C}$ ein entscheidender Faktor für die Erniedrigung des Letalitätsrisikos kleiner Frühgeborener.

Wie bei den Untersuchungen von GUNN und OUTERBRIDGE (21) war auch in der vorliegenden Studie eine Aufnahmetemperatur unter 36,0°C mit einer signifikant höheren Letalität korreliert, sowohl bei den Kindern mit einem Geburtsgewicht unter 2500 g als auch bei denen unter 1500 g.

b) Verstärkung der metabolischen Azidose

GANDY et al. (20) stellten fest, daß bereits der Abfall der Umgebungstemperatur während der Geburt zu einer Verstärkung der metabolischen Azidose führte (erhöhtes Basendefizit). Diese Azidose war bei reifen, gesunden Neugeborenen in der Regel kompensiert, bei kranken Kindern kam es meist zu einem pH Abfall. Wurde die Körpertemperatur vergleichbarer Kinder konstant bei 37°C gehalten, so fanden sich signifikant niedrigere Basendefizitwerte. Auch andere Autoren bestätigen, daß die "normale" postpartale metabolische Azidose durch niedrige Körper- bzw. Umgebungstemperaturen verstärkt wird (33, 38, 39).

In der vorliegenden Arbeit ergab sich ein Zusammenhang zwischen Hypothermie und Azidose beim Gesamt-Kollektiv, nicht jedoch bei den Kindern mit einem Geburtsgewicht unter 1500 g (Tab. 6 und 15).

c) Neonatal cold injury:

Mit diesem Begriff faßten MANN und ELLIOT (35) Symptome zusammen, die sie bei Neugeborenen fanden, die über längere Zeit einer milden Kälteexposition ausgesetzt waren, die nicht zu sofortiger tiefer Hypothermie führte. Die Erkrankung, die besonders untergewichtige Neugeborene betrifft und mit einer hohen Letalitätsrate behaftet ist, basiert wahrscheinlich auf einer Erschöpfung des thermalen Regulationssystems. Neonatal cold injury ist heute selten (DRISCOLL in 42), kann jedoch während der Geburt und des Transports untergewichtiger Neugeborener (17 zitiert nach 48) und bei längerem Gebrauch kalten Atemgases (DRISCOLL in 42) auftreten.

So ist der sich in dieser Studie ergebende Zusammenhang zwischen Hypothermie und Beatmungserfordernis (Tab. 11 und 19) möglicherweise Ausdruck einer Kovarianz: Es ist möglich, daß Kinder infolge ihrer Hypothermie beatmet werden mußten; die Beatmung kann jedoch eine Hypothermie verstärken, da weder im Entbindungsraum noch auf dem Transport die Möglichkeit besteht, das Atemgas anzuwärmen.

- d) Erhöhter Sauerstoff-Verbrauch (3, 4, 5, 20, 23)
- e) Abfall des arteriellen Sauerstoff-Drucks (33,46)
- f) Hypoglykämie (14, 33, 35)
- g) Schlechte Gewichtszunahme bzw. verstärkter postpartaler Gewichtsverlust, da die Energievorräte durch die erhöhte Wärmeproduktion erschöpft werden (2, 9, 20).
- h) HEY (24) berichtet über Untersuchungen, nach denen Frühgeborene, die postpartal hypotherm waren, ein erhöhtes Risiko hatten, an einem Atemnotsyndrom zu erkranken bzw. neurologische Ausfälle davonzutragen.

5.4. Die optimale Temperatur

Die optimale Umgebungstemperatur für das Neugeborene liegt im Bereich der thermoneutralen Zone (4): Das ist der Abschnitt der Umgebungstemperatur, in dem der Sauerstoff-Verbrauch und der evaporative Wärmeverlust ein Minimum betragen und die Körpertemperatur auf einer Höhe bleibt, die typisch für die Spezies ist (4, 26).

Wenn die Umgebungstemperatur unter die untere Grenze des thermoneutralen Bereichs (= kritische Temperatur) sinkt, beginnt die thermoregulatorische Wärmeproduktion. Diese kritische Temperatur

ist abhängig von Lebensalter und Körpergewicht, sie liegt beim nackten, ruhenden Erwachsenen zwischen 26° und 28°C. (4)

Dagegen braucht nach Untersuchungen von HEY und KATZ ein reifes Neugeborenes am ersten Lebenstag eine Umgebungstemperatur von ca. 34°C, um bei minimalem metabolischen Umsatz eine Körpertemperatur von 37°C aufrecht zu erhalten; für ein Frühgeborenes mit ca. 1000 g Geburtsgewicht ist dazu eine Umgebungstemperatur von 35 - 35,5°C notwendig (26). Postpartal sinkt die kritische Temperatur kontinuierlich ab (26).

Jedoch wird die optimale thermale Umgebung noch von zahlreichen anderen Faktoren neben der Lufttemperatur und Alter und Gewicht mitbestimmt, wie z. B. der Temperatur der Inkubatorwände, der relativen Luftfeuchtigkeit, der Temperatur zugeführter Atemgase und der Bekleidung der Kinder (PERLSTEIN in 42, 50). Es ist daher schwer, für den Einzelfall exakt den thermoneutralen Bereich oder die optimale Temperatur anzugeben (4, 24).

Es gibt auch keine genaue Definition des Begriffs "neonatale Hypothermie"; so wird je nach Studie die Hypothermiegrenze bei 35,0°C, 35,5°C, 36,0°C oder 36,5°C festgesetzt (11, 21, 32, 38, PERLSTEIN in 18, 42).

In der vorliegenden Untersuchung wurde als Hypothermie eine Körpertemperatur unter 36,0°C bezeichnet, da in verschiedenen Studien (9, 11, 16) gezeigt werden konnte, daß die Vermeidung eines Absinkens der Körpertemperatur unter 36,0°C einen entscheidenden Faktor zur Verbesserung der Überlebenschancen untergewichtiger Neugeborener darstellt, worauf auch HEY nachdrücklich hinweist (24, 26).

5.5. Zentralisierung von Risikogeburten

Durch Veränderungen in der Organisation und der Ausstattung des Transportdienstes lassen sich also die Hypothermieinzidenz und damit auch Letalität und Morbidität untergewichtiger Neugeborener deutlich verbessern. Der Transport untergewichtiger bzw. Risikokinder - von BURGHARD und TOELLNER als "lebensgefährlich" für das Neugeborene bezeichnet(10) - sollte jedoch die Ausnahme sein; die Vorteile einer Regionalisierung von Risikokindern werden in zahlreichen Arbeiten nachdrücklich betont (31; Literatur in 10, 34, 40).

Die hier vorgestellte Form der neonatalen Erstversorgung kann nur die zweitbeste Möglichkeit sein: Die Zentralisierung von zu erwartenden Risikogeburten in perinatologischen Zentren ist dringend geboten, der optimale "Transport" des Kindes erfolgt in utero.

6. ZUSAMMENFASSUNG

1. Auch heute sind untergewichtige Neugeborene von postpartaler Hypothermie bedroht - selbst beim Bestehen eines neonatalen Transportdienstes.
2. Die Hypothermieinzidenz stieg deutlich mit fallendem Geburtsgewicht.
3. Die Letalität untergewichtiger Neugeborener war erhöht, wenn die Kinder unterkühlt waren; hypotherme Kinder mußten häufiger maschinell beatmet werden.
4. Die Hypothermieinzidenz war unabhängig von der Dauer des Transports, sie differierte jedoch von Entbindungsklinik zu Entbindungsklinik erheblich.
5. Die Hypothermieinzidenz ließ sich auf 1/5 reduzieren, wenn der neonatale Reanimationsdienst rechtzeitig zu der Geburt eines untergewichtigen Kindes hinzugezogen, das Neugeborene unmittelbar postpartal eingehüllt und die Erstversorgung unter zusätzlicher Wärmezufuhr durchgeführt wurde.
6. Zur weiteren Verbesserung der Neugeborenen-Intensivpflege ist die Regionalisierung von zu erwartenden Risikogeburten in perinatalogischen Zentren dringend erforderlich; der "Transport in utero" sollte die Regel, der Transport im Inkubator die Ausnahme darstellen.

L I T E R A T U R

- 1 AHERNE, W., HULL, D:
The site of heat production in the newborn infant
Proc. R. Soc. Med. 57: 1172-1173 (1964)
- 2 BRIEND, A., DE SCHAMPHELEIRE, I.:
Neonatal hypothermia in West Africa
Lancet, April 1981, 846-847
- 3 BRÜCK, K.:
Temperature regulation in the newborn infant
Biol. neonate. 3: 65-119 (1961)
- 4 BRÜCK, K.:
Heat production and temperature regulation
In: STAVE, U. (Hrsg.): Perinatal Physiology
Plenum Medical Book Co., New York: 455-498 (1978)
- 5 BRÜCK, K., BRÜCK, M.:
Der Energieumsatz hypothermer Frühgeborener
Klin. Wochenschr. 38: 1125-1130 (1960)
- 6 BRÜCK, K., WÖNNENBERG, B.:
Untersuchungen über die Bedeutung des multiloculären Fett-
gewebes für die Thermogenese des neugeborenen Meerschweinchens
Pflügers Arch. ges. Physiol. 283: 1-16 (1965)
- 7 BRÜCK, K., BRÜCK, M., LEMTIS, H.:
Die Temperaturregelung Neugeborener und Frühgeborener
nach spontaner und pathologischer Geburt
Geburtshilfe Frauenheilkd. 20: 461-472 (1960)
- 8 BUDIN, P.C.:
Le nourrisson. Alimentation et hygiène des enfants debiles -
enfants nés à terme
Paris: Octave DOIN (Hrsg.) 1900

- 9 BUETOW, K.C., KLEIN, S.W.:
Effect of maintenance of "normal" skin temperature on survival
of infants of low body weights
Pediatrics 34: 163 - 170 (1964)
- 10 BURGHARD, R., TOELLNER, U.:
Transport des Risikoneugeborenen oder der Risikoschwangeren?
Dtsch. med. Wschr. 106: 1019 - 1021 (1981)
- 11 CHANCE, G.W., O'BRIEN, M.J., SWYER, P.R.:
Transportation of sick neonates, 1972: an unsatisfactory
aspect of medical care
CMA Journal 109: 847 - 851 (1973)
- 12 CONE, T.E.:
The first published report of an incubator for use in the care
of the premature infant (1857)
Am. J. Dis. Child. 135: 658 - 660 (1981)
- 13 CROSS, K.W., GUSTAVSON, J., HILL, J.R., ROBINSON, D.C.:
Thermoregulation in an anencephalic infant as inferred from
its metabolic rate under hypothermic and normal condition
Clin. Sci. 31: 449 - 460 (1966)
- 14 DAHM, L.S., JAMES, L.S.:
Newborn temperature and calculated heat loss in the
delivery room
Pediatrics 49: 504 - 513 (1972)
- 15 DAWKINS, M.J.R., SCOPES, J.W.:
Non-shivering thermogenesis and brown adipose tissue in
the human newborn infant
Nature 206: 201 - 202 (1965)
- 16 DAY, R.L., CALIGUIRI, L., KAMENSKI, C., EHRLICH, F.:
Body temperature and survival of premature infants
Pediatrics 34: 171 - 181 (1964)

- 17 ENOCKSSON, E., FEYCHTING, H., GENTZ, J., HERIN, P.,
LAGERKVIST, B., THODENIUS, B.:
The transfer of newborn infants
Läkartidningen 70: 1290 (1973)
- 18 EYRING, E., V. LOEWENICH, V.:
Statistisch-epidemiologische Untersuchungen über die negativen
Auswirkungen des Fehlens eines Neugeborenen-Transportsystems
In: Pädiatrische Intensivmedizin II; INA Bd. 27; Hrsg.: LEMBURG, P.
Thieme Verlag, Stuttgart: 195 - 199 (1981)
- 19 FOSTER, K.G., HEY, E.N., KATZ, G.:
The response of the sweat glands of the newborn baby to
thermal stimuli and to intradermal acetylcholine
J. Physiol. 203: 13 - 29 (1969)
- 20 GANDY, G.M., ADAMSONS, K., CUNNINGHAM, N., SILVERMAN, W.A.,
JAMES, L.S.:
Thermal environments and acid-base homeostasis in human infants
during the first few hours of life
J. Clin. Invest. 43: 751 - 758 (1964)
- 21 GUNN, T., OUTERBRIDGE, E.W.:
Effectiveness of neonatal transport
CMA Journal 118: 646 - 649 (1978)
- 22 HEIM, T., KELLERMAYER, M., DANI, M.:
Thermal conditions and the mobilisation of lipids from brown
and white adipose tissue in the human neonate
Acta paed. Acad. Sci. hung. 9: 109 - 120 (1968)
- 23 HEY, E.N.:
The relation between environmental temperature and oxygen
consumption in the new-born baby
J. Physiol. 200: 589 - 603 (1969)

- 24 HEY, E.N.:
Thermal neutrality
Br. Med. Bull. 31: 69 - 74 (1975)
- 25 HEY, E.N., KATZ, G.:
Evaporative water loss in the newborn baby
J. Physiol. 200: 605 - 619 (1969)
- 26 HEY, E.N., KATZ, G.:
The optimum thermal environment for naked babies
Arch. Dis. Child. 45: 328 - 334 (1970)
- 27 HEY, E.N., MOUNT, L.E.:
Heat losses from babies in incubators
Arch. Dis. Child. 42: 75 - 84 (1967)
- 28 HEY, E.N., KATZ, G., O'CONNELL, B.:
The total thermal insulation of the newborn baby
J. Physiol. 207: 683 - 698 (1970)
- 29 HILL, J.R.:
The oxygen consumption of newborn and adult mammals: Its
dependence on the oxygen tension in the inspired air and
on the environmental temperature
J. Physiol. 149: 346 - 357 (1959)
- 30 HILL, J.R., RAHIMTULLA, K.A.:
Heat balance and the metabolic rate of newborn babies in
relation to environmental temperature, and the effect of
age and of weight on basal metabolic rate
J. Physiol. 180: 239 - 265 (1965)
- 31 Klinisches Management des "kleinen" Frühgeborenen
(< 1500 g)
Hrsg. von A. und R. HUCH, G. DUC, G. ROTH
Thieme Verlag, Stuttgart-New York, 1982

- 32 IRTEL VON BRENNENDORFF, A., HOOK, G., HIERONIMI, G.:
Der Transport von Frühgeborenen, Erfahrungen bei Kindern
mit einem Geburtsgewicht bis 1500 Gramm
Klin. Pädiat. 190: 168 - 174 (1978)
- 33 KANTO, W., CALVERT, L.:
Thermoregulation of the newborn
Am. Fam. Physician 16: 157 - 163 (1978)
- 34 LUCEY, J.F.:
Why we should regionalize perinatal care
Pediatrics 52: 488 - 490 (1973)
- 35 MANN, T.P., ELLIOT, R.J.K.:
Neonatal cold injury due to accidental exposure to cold
Lancet 1: 229 - 234 (1957)
- 36 MERSMANN, B.:
Temperaturabfall Frühgeborener vor Transportbeginn
In: DUDENHAUSEN, J.W., SALING, E. (Hrsg.): Perinatale Medizin
Bd. IV, 409 - 413
G. Thieme Verlag, Stuttgart, 1973
- 37 MESTYAN, J., JARAI, I., FEKETE, M., SOLTESZ, G.:
Specific dynamic action in premature infants kept at and
below the neutral temperature
Pediatr. Res. 3: 41 - 50 (1969)
- 38 MOTIL, K.J., BLACKBURN, M.G., PLEASURE, J.R.:
The effects of four different radiant warmer temperature
set-points used for rewarming neonates
J. Pediatr. 85: 546 - 550 (1974)
- 39 RACINE, J., JARJOU, E.:
Severe hypothermia in infants
Helv. paediat. Acta 37: 317 - 322 (1982)

- 40 ROBERTON, N.R.C.:
A manual of neonatal intensive care
E. Arnold, London: 4 - 9 (1981)
- 41 SCHIFF, D., STERN, L., LEDUC, J.:
Chemical thermogenesis in newborn infants: Catecholamine ex-
cretion and the plasma non-esterified fatty acid response to
cold exposure
Pediatrics 37: 577 - 582 (1966)
- 42 Thermoregulation and temperature stress in the newborn.
A symposium in perinatal medicine
Hrsg.: J. SEAVER
Narco / Air-Shields, Hartboro (1979)
- 43 SIDIROPOULOS, TONELLA:
Die Reanimation des Neugeborenen
NESTLE Film, 1978
- 44 SILVERMAN, W.A.:
Incubator-baby side shows
Pediatrics 64: 127 - 141 (1979)
- 45 SILVERMAN, W. A., FERTIG, J.W., BERGER, A.P.:
The influence of the thermal environment upon the survival
of newly born premature infants
Pediatrics 22: 876 - 886 (1958)
- 46 STEPHENSON, J.M., DU, J.N., OLIVER, T.K.:
The effect of cooling on the blood gas tensions in newborn infants
J. Pediatr. 76: 848 - 852 (1970)

- 47 STERN, L., LEES, M.H., LEDUC, J.:
Environmental temperature, oxygen consumption and
catecholamine excretion in newborn infants
Pediatrics 36: 367 - 373 (1965)
- 48 TAFARI, N., GENTZ, J.:
Aspects on rewarming newborn infants with severe
accidental hypothermia
Acta Paediatr. Scand. 63: 595 - 600 (1974)
- 49 TOELLER, W.:
Die Entwicklung der Säuglingssterblichkeit in Schleswig-Holstein
von 1961 - 1967
Inauguraldissertation, Kiel 1969
- 50 The fetus and the neonatal infant
In: NELSON Textbook of pediatrics,
Hrsg.: VAUGHAN, V.C., MCKAY, R.J., BEHRMAN, R.E.
W.B. Saunders Co. Philadelphia, 11. Aufl., 378 - 489 (1979)
- 51 WILLE, L., OBLADEN, M.:
Neugeborenen-Intensivpflege
2. Aufl., Springer-Verlag, Berlin, 42 - 44 (1979)
- 52 WÜNNENBERG, W.:
Thermointegrative activity of hypothalamic structures
Isr. J. Med. Sci. 12 (9): 1050 - 1051 (1976)
-

ICH DANKE HERRN PROF. DR. M. OBLADEN FÜR DIE ÜBERLASSUNG
DES THEMAS UND SEINE ENGAGIERTE UNTERSTÜTZUNG BEI DER DURCH-
FÜHRUNG DER ARBEIT.

L E B E N S L A U F

Geboren: 07.09.1956 in Zweibrücken

Eltern: Karl Rudolf Franck, geb. 09.04.1917
Industriekaufmann; Liselotte Franck, geb. Weber,
geb 07.07.1922, Hausfrau

Schulbesuch: 1963 - 1966 Grundschule in Zweibrücken
1966 - 1975 Humanistisches Gymnasium in Zweibrücken

Studium: Oktober 1975 - November 1981 Medizinische Fakultät
der Hochschule des Saarlandes in Homburg/Saar

Prüfungen: 1977 Ärztliche Vorprüfung
1978 1. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
1980 2. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
1981 3. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

Approbation: 23.11.1981

Berufliche

Tätigkeit: 01.12.1981 - 31.12.1983 Assistenzarzt an der
Universitätskinderklinik im St.-Josef-Hospital,
Bochum
seit 13.06.1984 Assistenzarzt an der Inneren
Abteilung im Krankenhaus Siloah, Pforzheim
